

Spis treści

Wstęp do wydania polskiego	xvii
O autorach	xviii
Przedmowa	xix
Podziękowania	xxiv
Część I - Materiały, procesy i zasady	
ROZDZIAŁ 1	
Ziemia jako system	1
Badania systemu Ziemi	2
Unikatowość Ziemi	2
Współzależność składników systemu Ziemi	2
Wrażliwość i nietrwałość aspektów systemu Ziemi	3
Zasada aktualizmu	3
Zasada aktualizmu jako podstawa badań geologicznych	3
Eliminacja koncepcji katastroficznych przez zasadę aktualizmu w XIX wieku	4
Natura i pochodzenie skał	5
Wzajemne przeobrażenia skał magmowych, osadowych i metamorficznych	6
Jednostki formalnej klasyfikacji formacji skalnych	9
Trzy zasady Steno dotyczące skał osadowych	9
Powiązanie wszystkich rodzajów skał w cyklu skalnym	10
Globalne datowanie formacji skalnych	11
Skamieniałości i inne fizyczne wskaźniki względnego wieku skał	11
Określanie bezwzględnego wieku skał metodami radiometrycznymi	12
Podział historii Ziemi na jednostki formalne w skali czasu geologicznego	12
Rozróżnialność przedziałów skali czasu geologicznego	13
Obraz Ziemi pod jej powierzchnią	13
Wzrost gęstości Ziemi wraz z głębokością	14
Unoszenie się i ruchy kruchych stałych płyt litosfery na półpłynnej astenosferze	15
Tektonika płyt	15
Podział płyt w miejscach ich powstawania, subdukcje i zagłębienia	15
Ciepło z rozpadu radioaktywnego jako napęd dynamiki płyt tektonicznych	17
Wznoszenie się pióropuszy magmowych do skorupy Ziemi z głębin jej	

płaszcz	18
Rola tektoniki płyt w cyklu skalnym	18
Cykl wodny	18
Przemieszczanie się wody między jej rezerwuarami	19
Ścisłe powiązanie cyklu wodnego z cyklem skalnym	20
Ukierunkowane zmiany w historii Ziemi	20
Radykalne i nieodwracalne ewolucyjne przekształcenia form życia	20
Zmiany fizycznych i chemicznych cech Ziemi	21
Związki zmian form życia i środowisk	21
Epizodyczne zmiany w historii Ziemi	22
Nieciągłości w procesach sedymentacji	22
Powstawanie skał osadowych w trybie katastroficznym	22
Niezgodności zalegania warstw jako reprezentacje nieciągłości formacji skalnych	22
Epizodyczne zmiany życia na Ziemi	24
Podsumowanie rozdziału	24
Pytania przeglądowe i polecenia	25

ROZDZIAŁ 2

Minerały skałotwórcze i skały 21

Struktura minerałów	30
Pierwiastki jako substancje złożone z jednakowych i unikalnych atomów	30
Izotopy pierwiastków i ich względne masy atomowe	30
Rola reakcji chemicznych w powstawaniu minerałów	31
Wiązania chemiczne jako wynik chemicznych reakcji	31
Trójwymiarowe struktury molekularne kryształów	32
Zastępowanie jonów pierwiastków przez jony pierwiastków podobnych	34
Właściwości minerałów	34
Zależność twardości minerałów od wiązań chemicznych	34
Zależność gęstości minerałów od mas atomowych i upakowania atomów	36
Odzwierciedlenie struktur krystalicznych w rodzajach spękań	36
Wpływ warunków fizykochemicznych formowania się minerałów i skał na ich struktury	36
Kilka grup minerałów tworzących większość skał	36
Typy skał	38
Skały magmowe jako rezultat krzepnięcia form płynnych	38
Powstawanie skał osadowych z cząstek zawieszonych w wodzie lub powietrzu	40
Skały metamorficzne jako transformacje innych skał w warunkach wysokiego ciśnienia i temperatury	48
Podsumowanie rozdziału	50
Pytania przeglądowe i polecenia	50

ROZDZIAŁ 3

Zróźnicowanie form życia 51

Skamieniałości i chemiczne pozostałości dawnych form życia	54
Twarde części zwierząt jako najczęściej zachowane ich ślady	54

Nietrwałość tkanek miękkich organizmów kopalnych	54
Skamieniałe drewno jako rezultat mineralizacji	55
Odciski w formie ośrodek zewnętrznych i wewnętrznych	55
Skamieniałe ślady zwierząt jako zapis ich ruchu	56
Zróżnicowana jakość skamieniałości	56
Biomarkery jako użyteczne chemiczne wskaźniki form życia	56
Martwe organizmy w procesach rozkładu jako paliwo skamieniałości	57
Grupy taksonomiczne	57
Identyfikacja kładów i ich pokrewieństwa	59
Archeony i bakterie: dwie domeny prokariotów	63
Tolerancja archeonów wobec nieprzyjaznych środowisk	63
Niektóre typy bakterii: rozkładające, fotosyntetyzujące, patogenne i zanieczyszczające	64
Protisty: parafietyczna grupa eukariotów	65
Zielenice i rośliny lądowe	66
Ewolucyjne pierwszeństwo naczyniowych roślin zarodnikowych	68
Ekspansja roślin nasiennych na lądach	69
Opisthokonta: grzyby i zwierzęta	69
Grzyby jako destruenty	70
Zwierzęta jako wielokomórkowe organizmy konsumujące	70
Gąbki jako proste bezkręgowce	71
Przynależność koralowców do parzydełkowców	71
Przynależność wielu zwierząt bezszkieletowych do lofotrochorowców	72
Zewnętrzne szkielety wylinkowców	74
Bezkręgowce i kręgowce jako wtórnozębowce	75
Podsumowanie rozdziału	79
Pytania przeglądowe i polecenia	80

ROZDZIAŁ 4

Środowiska i życie	81
Zasady ekologii	85
Nisza gatunku jako jego umiejscowienie w środowisku	85
Ekosystem jako zbiorowisko organizmów wraz ze środowiskiem ich życia	85
Biogeografia jako nauka badająca rozmieszczenie organizmów	87
Atmosfera	88
Główne składniki atmosfery: azot, tlen i dwutlenek węgla	88
Wpływ różnic temperatury i rotacji Ziemi na cyrkulację powietrza	88
Ekosystem lądowy	90
Typy roślinności odpowiadające strefom klimatycznym	90
Zależność klimatów od wysokości	94
Wpływ czynników lądowych i wodnych na sezonowe zmiany temperatury	95
Odbicie przeszłych warunków klimatycznych w skamieniałościach roślinnych	96
Ekosystem morski	97
Powierzchniowe prądy oceaniczne napędzane przez wiatry	97
Zmiany form życia morskiego wraz z głębokością	99

Organizmy morskie pływające, unoszące się w wodzie i żyjące na dnie	101
Wpływ temperatury wody na zróżnicowanie biogeograficzne	103
Zasolenie jako ważny czynnik w obszarach przybrzeżnych	104
Środowiska słodkowodne	105
Podsumowanie rozdziału	105
Pytania przeglądowe i polecenia	106

ROZDZIAŁ 5

Środowiska osadowe	107
Środowiska lądowe	110
Historyczne gleby jako wskaźnik warunków klimatycznych w przeszłości	110
Słodkowodne jeziora i lodowce jako wizytówki przeszłych klimatów	112
Gromadzenie się soli i piasku na pustyniach i w jałowych basenach	114
Osady nanoszone przez rozgałęzione i meandrujące rzeki w regionach wilgotnych	116
Środowiska przybrzeżne i otwarte szelfy	119
Delty powstające przy ujściach rzek do mórz	119
Laguny położone za piaszczystymi wyspami barierowymi	121
Tempestyty powstające na otwartych szelfach	122
Skamieniałości jako wskaźniki środowisk morskich	123
Rafy organiczne jako formy skał węglanowych	124
Platformy węglanowe powstające w ciepłych morzach	126
Środowiska głębokomorskie	129
Prądy zawieszinowe opadające przy podmorskich zboczach	129
Drobnoziarniste, powoli gromadzące się osady eupelagiczne	131
Podsumowanie rozdziału	132
Pytania przeglądowe i polecenia	132

ROZDZIAŁ 6

Korelacja i datowanie zapisów skalnych	135
Skala czasu geologicznego	138
Sukcesja skamieniałości jako miara względnego wieku skał	138
Systemy geologiczne utworzone w XIX wieku	138
Jednostki stratygraficzne	140
Podział formacji skalnych w jednostkach czasowo-skalnych oraz czasu geologicznego w jednostkach czasu	140
Jednostki biostratygraficzne oparte na występowaniu skamieniałości	140
Identyfikacja biegunowości jednostek czasowo-skalnych metodą stratygrafii magnetycznej	142
Definiowanie jednostek skalnych na podstawie litologii, a nie wieku skał	143
Bezwzględny wiek Ziemi	146
Niedoszacowanie wieku Ziemi w początkach geologii	146
Ocena bezwzględnego wieku skał z użyciem pierwiastków radioaktywnych	147
Przewaga korelacji na podstawie skamieniałości nad datowaniem radiometrycznym	151
Zmiany stabilnych izotopów jako podstawa korelacji globalnej	152

Stratygrafia zdarzeniowa	153
Korelacja na wielkich obszarach oparta na skałach przewodnich	153
Linia czasu dla korelacji oparta na dwukierunkowych przesunięciach granic facji	155
Wykrywanie niezgodności zalegania warstw metodami stratygrafii sejsmicznej	155
Sekwencje jako zapisy zmian poziomu morza	157
Zegar geologiczny oparty na zmianach parametrów rotacji Ziemi i kształtu jej orbity	158
Podsumowanie rozdziału	160
Pytania przeglądowe i polecenia	160

ROZDZIAŁ 7

Ewolucja i zapis kopalny	163
Adaptacje	166
Wkład Karola Darwina	167
Geograficzne dowody ewolucji zebrane w podróży na statku „Beagle”	167
Szerokie podstawy anatomicznych dowodów ewolucji przedstawionych przez Darwina	169
Selekcja naturalna jako główny mechanizm ewolucji	170
Geny, DNA i chromosomy	170
Podstawowe znaczenie dziedziczenia cech w genetyce	170
Mutacje jako instrument doboru naturalnego	171
Rekombinacja genetyczna jako czynnik doboru naturalnego	171
Nowo odkryty mechanizm zmian genetycznych: horyzontalny transfer genów	172
Geny regulatorowe a rozwój organizmów	172
Populacje, gatunki i specjacja	172
Szybkości specjacji	174
Radiacje ewolucyjne jako rezultat nowych ekologicznych możliwości i adaptacyjnych przełomów	174
Szybka specjacja w niewielkich izolowanych populacjach	176
Możliwość powstania nowej jednostki systematycznej w pojedynczym wydarzeniu	178
Zegar molekularny i czasy powstawania	180
Konwergencja ewolucyjna	180
Wymieranie	181
Znaczne zróżnicowania szybkości wymierania	182
Masowe wymieranie dokonujące się obecnie	183
Tendencje ewolucyjne	184
Ewolucyjna tendencja do powiększania się rozmiarów ciał zwierząt	184
Proste i złożone tendencje ewolucyjne	185
Nieodwracalność procesu ewolucji	189
Podsumowanie rozdziału	189
Pytania przeglądowe i polecenia	190

ROZDZIAŁ 8

Teoria tektoniki płyt **191**

Historia teorii dryfu kontynentalnego	194
Błędne interpretacje niektórych wczesnych obserwacji	194
Alfred Wegener - pionier teorii dryfu w XX wieku	195
Badania Aleksandra Du Toit dotyczące sekwencji Gondwany	196
Powszechne odrzucanie koncepcji dryfu kontynentalnego	198
Zagadkowe dane ujawnione przez paleomagnetyzm	198
Narodziny tektoniki płyt	200
Wyjaśnienie wielu zjawisk na gruncie ekspansji dna oceanicznego	200
Ostateczna weryfikacja metodami paleomagnetycznymi	203
Uskoki i aktywność wulkaniczna na granicach płyt	203
Formowanie się skorupy wzdłuż grzbietów śródoceanicznych	204
Przemieszczanie grzbietów śródoceanicznych przez uskoki transformacyjne	205
Subdukcja litosfery wzdłuż głębokich rowów oceanicznych	205
Ruchy płyt	207
Cztery przyczyny ruchów płyt	207
Zagłębianie się luźnych fragmentów skorupy w płaszczu Ziemi	207
Mierzalność ruchów płyt	208
Podsumowanie rozdziału	210
Pytania przeglądowe i polecenia	211

ROZDZIAŁ 9

Tektonika kontynentów i łańcuchy górskie **213**

Dzielenie się kontynentów	216
Węzły potrójne w rejonach plam gorąca	216
Powstawanie rowów tektonicznych w początkowej fazie podziału	218
Powstawanie pasywnych krawędzi w procesach podziału	218
Zginanie i płynięcie skał	220
Orogeneza	222
Orogeneza jako skutek kolizji kontynentów	222
Możliwości orogenezy bez zderzeń kontynentów	223
Charakterystyczne struktury pasm górskich	223
Kompresja jako przyczyna deformacji	224
Powstawanie basenu przedpola pod ciężarem góry	224
Andy jako przykład gór powstałych bez zderzenia kontynentów	226
Pireneje jako przykład gór powstałych w wyniku zderzenia kontynentów	227
Łączenie się niewielkich mas lądowych z kontynentami	229
Tektonika wewnątrz kontynentów	229
Podsumowanie rozdziału	232
Pytania przeglądowe i polecenia	232

ROZDZIAŁ 10

Główne cykle geochemiczne **235**

Rezerwuary chemiczne	238
Przepływy jako prędkości ruchu między rezerwuarami	238

Wpływ sprzężeń zwrotnych na przepływy	238
Dwutlenek węgla, tlen i procesy biologiczne	239
Wykorzystanie cyklu fotosyntezy-oddychania przez rośliny	239
Wzrost tkanek jako rezultat fotosyntezy	240
Uwalnianie energii w procesie oddychania	240
Wykorzystywanie oddychania przez destruenty	241
Modyfikacje chemii atmosfery w wyniku pograżania się szczątków roślinnych w ziemi	241
Podobieństwo morskich i lądowych cykli fotosyntezy-oddychania	243
Izotopy tlenu, klimat i cykl wodny	244
Proporcje izotopów tlenu w szkieletach jako wskaźnik temperatury	244
Wiązanie tlenu ^{16}O w lodowcach	245
Wpływ zasolenia na proporcje izotopów tlenu	246
Działanie pary wodnej jako gazu cieplarnianego	247
Wykorzystanie izotopów węgla w badaniach globalnych cykli chemicznych	247
Proporcje izotopów węgla jako zapisy cyklicznej cyrkulacji węgla organicznego	247
Proporcje izotopów w skałach wapiennych i morskich osadach głębinowych jako zapisy zmian tempa pogrzebania węgla w ziemi	248
Wpływ pogrzebania węgla i siarki na powiększanie się atmosferycznego rezerwuaru tlenu	248
Usuwanie dwutlenku węgla z atmosfery w procesach wietrzenia i jego transfer do skał wapiennych	249
Wpływ zmian szybkości wietrzenia aa atmosferyczny rezerwuar węgla	250
Wpływ zmian globalnej temperatury na atmosferyczny rezerwuar węgla	252
Tendencje zmian zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w eonie fanerozoicznym	253
Wpływ pozytywnego sprzężenia zwrotnego na cykl węglowy	254
Stabilizujący wpływ negatywnych sprzężeń zwrotnych na poziom dwutlenku węgla	254
Ekskursje proporcji izotopów węgla i tlenu	255
Wpływ zmian szybkości oddychania bakterii na proporcje izotopów węgla	256
Wpływ zmian ilości hydratu metanu na proporcje izotopów węgla	256
Wpływ zmian produktywności fitoplanktonu na proporcje izotopów węgla	256
Relatywnie większy wpływ epizodów masywnego pogrzebania węgla na proporcje izotopów węgla w porównaniu z innymi czynnikami	257
Chemia oceanów i mineralogia szkieletów	257
Wpływ zmian zawartości magnezu i wapnia na powstawanie morskich węglanów	257
Wpływ zmian zawartości potasu i siarczanów na mineralogię ewaporatów	259
Usuwanie krzemu z oceanów przez organizmy żywe	259
Podsumowanie rozdziału	260
Pytania przeglądowe i polecenia	261

Część II - Historia Ziemi

ROZDZIAŁ 11

Eony prekambryjskie: hadeik i archaik 263

Wiek planet i Wszechświata	268
Powstanie Układu Słonecznego	269
Powstanie Słońca z mgławicy	270
Powstanie planet z mgławicy słonecznej	270
Hadeik	272
Rozwarstwienie Ziemi jako rezultat przechodzenia materii w stan ciekły	272
Powstanie Księżyca w następstwie kolizji	272
Pochodzenie wód oceanicznych z wulkanów i komet oraz ich zasolenia ze skał	273
Pochodzenie wczesnej atmosfery Ziemi z jej wnętrza	273
Liczne zderzenia z asteroidami i meteorytami we wczesnej historii Ziemi	273
Wysoka temperatura Wczesnej Ziemi i niewielkie rozmiary jej płyt	274
Pochodzenie skorupy kontynentalnej	275
Powstanie skorupy felzytowej z topniejącej litosfery oceanicznej	275
Pojawienie się płyty kontynentalnej we wczesnej historii Ziemi	276
Eon archaiczny	276
Niewielkie rozmiary lądów archaiku jako skutek wysokiej temperatury wnętrza Ziemi	276
Szybki wzrost rozmiarów skorupy kontynentalnej	276
Pasma zieleńcowe	277
Zmiana systemu Ziemi 11-1 <i>Pojawianie się wielkich kratonów pod koniec eonu archaicznego</i>	278
Dowody istnienia życia w eonie archaicznym	280
Chemiczne hipotezy dotyczące początków życia na Ziemi	283
Łatwość formowania się aminokwasów	283
Możliwość istnienia świata RNA	283
Możliwość rozwoju życia wzdłuż grzbietów śródoceanicznych	285
Tlen atmosferyczny	287
Podsumowanie rozdziału	287
Pytania przeglądowe i polecenia	288

ROZDZIAŁ 12

Eon proterozoiczny prekambrii 289

Główne zdarzenia eonu proterozoicznego	290
Współczesny styl orogenezy	292
Zdarzenia globalne w paleoproterozoiku i mezoproterozoiku	295
Powszechne zlodowacenia we wczesnym proterozoiku	295
Rozwój sinic, a później eukariotów w oceanach	295
Początki życia zwierzęcego	297
Gwałtowny rozwój organizmów zwierzęcych	297
Rozwój eukariotów pod wpływem wzrostu zawartości tlenu w atmosferze	301
Zmiana systemu Ziemi 12-1 <i>Wielkie zdarzenie oksydacyjne</i>	302
Zmiana systemu Ziemi 12-2 <i>Czy Ziemia były kiedyś śnieżną kulą?</i>	304
Dwa rozległe zlodowacenia w proterozoiku dosięgające niskich szerokości geograficznych	306

Możliwość wpływu zróżnicowania zwierząt na ewolucję fitoplanktonu	306
Ekspansja i kurczenie się kontynentów	306
Konsolidacja kontynentu Ameryki Północnej	308
Ekspansja Laurencji w proterozoiku poprzez kontynentalną akrecję	308
Powstanie wielkich złóż rud w wyniku zderzenia z obiektem zewnętrznym	309
Rów tektoniczny w centralnej i wschodniej Ameryce Północnej	310
Orogeneza grenwilska we wschodniej części Ameryki Północnej	312
Połączenia i podziały superkontynentów neoproterozoicznych	312
Superkontynent Nuna zawierający wszystkie wielkie masy lądowe	312
Mniejszy od Nuny superkontynent Rodinia	313
Połączenie Pannocji z Gondwaną mimo utraty Laurencji	313
Podsumowanie rozdziału	314
Pytania przeglądowe i polecenia	315

ROZDZIAŁ 13

Wczesna era paleozoiczna	317
Kambryjska eksplozja życia	320
Ślady o złożonych formach jako najwcześniejsze świadectwa życia kambryjskiego	320
Szkielety w wielu grupach zwierząt wczesnokambryjskich	320
Ograniczenie sposobów życia zwierząt wczesnokambryjskich	323
Zmiana systemu Ziemi 13-1 <i>Kształtowanie się szkieletów w wielu grupach zwierząt związane z różnicowaniem się drapieżników</i>	324
Powstanie kręgowców w warunkach różnicowania późnokambryjskiego	327
Życie w ordowiku	329
Zwierzęta pływające i unoszące się w wodach we wczesnym paleozoiku	329
Wielka radiacja życia w późnym ordowiku	329
Wpływ organizmów zwierzęcych na recesję stromatolitów	331
Zahamowanie różnicowania organizmów morskich związane z wymieraniem	332
Ekspansja bezkręgowców w wodach śródlądowych i roślin na lądach	332
Paleogeografia świata kambryjskiego	332
Epizody masowego wymierania kambryjskich trylobitów	334
Paleogeografia, zmiany klimatyczne i masowe wymieranie w ordowiku	335
Zlodowacenie w wyniku ochłodzenia klimatu	335
Zmiana systemu Ziemi 13-2 <i>Zlodowacenie i masowa zagłada form życia jako rezultat ochłodzenia klimatu</i>	336
Wielkie wymierania jako rezultat ochłodzeń klimatu	338
Zdarzenia regionalne we wczesnym paleozoiku	339
Wypiętrzenie gór wschodniej Laurencji w orogenezie takońskiej	339
Trwała pasywna krawędź zachodniej Laurencji	344
Podsumowanie rozdziału	345
Pytania przeglądowe i polecenia	345

ROZDZIAŁ 14

Świat środkowego paleozoiku	347
Odnowa zróżnicowanych form życia	350

Odrodzenie życia w środowiskach wodnych	350
Zasiedlanie lądów przez rośliny	357
Wyjście zwierząt na lądy	359
Zmiana systemu Ziemi 14-1 <i>Kolonizacja lądów przez kręgowce jako rezultat zmian krajobrazów wywołanych rozwojem roślinności</i>	360
Paleogeografia świata środkowego paleozoiku	364
Zlodowacenie i masowe wymieranie	365
Zdarzenia regionalne w środkowym paleozoiku	365
Ponowne przejście wschodniej Ameryki Północnej w stan krawędzi pasywnej	365
Zmiana systemu Ziemi 14-2 <i>Globalne zmiany klimatyczne, zlodowacenie i masowe wymieranie jako efekt ekspansji roślin na lądach</i>	366
Powstanie Euroameryki podczas drugiej orogenezy appalachijskiej	368
Orogeneza i tworzenie się raf w zachodniej części Ameryki Północnej	372
Podsumowanie rozdziału	373
Pytania przeglądowe i polecenia	373

ROZDZIAŁ 15

Świat późnego paleozoiku 375

Życie w późnym paleozoiku	379
Pojawianie się nowych form życia w morzach paleozoiku	379
Rozwój organizmów rafotwórczych w morzach aragonitowych	380
Rozwój drzewostanów bagiennych	381
Ekspansja flory wyżynnej	383
Różnicowanie się zwierząt lądowych i ich ekspansja w środowiskach słodkowodnych	385
Zmiana systemu Ziemi 15-1 <i>Wielkie zlodowacenie w wyniku osłabienia efektu cieplarnianego</i>	386
Paleogeografia świata późnopaleozoicznego	390
Ciepły i wilgotny klimat we wczesnym karbonie	390
Wielkie zlodowacenie w połowie karbonu spowodowane kolizją kontynentów	390
Ekspansja siedlisk suchych w permie	393
Masowe wymieranie pod koniec ery paleozoicznej	394
Zdarzenia regionalne w późnym paleozoiku	394
Powstanie Appalachów w orogenezie alegheńskiej	394
Zmiana systemu Ziemi 15-2 <i>Najbardziej destruktywny ze wszystkich epizodów wymierania kończący erę paleozoiczną</i>	395
Orogeneza w południowo-zachodnich Stanach Zjednoczonych	398
Powstawanie pokładów węgla w cyklotemach	402
Powstawanie raf w basenie Delaware w zachodnim Teksasie	403
Powiększenie kontynentu Ameryki Północnej w orogenezie sonomskiej	406
Podsumowanie rozdziału	406
Pytania przeglądowe i polecenia	407

ROZDZIAŁ 16

Wczesny mezozoik 409

Życie w oceanach: nowa biota	412
Spowolnienie odnowy życia we wczesnym triasie przez trzy epizody masowego wymierania	413
Nowe grupy fitoplanktonu oraz liczne gatunki pływających drapieżników jako formy życia pelagicznego	415
Życie na lądach	418
Dominacja roślin nagonasiennych we florze mezozoicznej	418
Początek epoki dinozaurów	419
Zmiana systemu Ziemi 16-1 <i>Pojawienie się dinozaurów i zagadka ich ewolucyjnego sukcesu</i>	422
Zmiana systemu Ziemi 16-2 <i>Aktywność wulkaniczna i masowa zagłada</i>	428
Masowe wymieranie pod koniec triasu	431
Paleogeografia wczesnego mezozoiku	431
Wpływ rozmiarów Pangei na klimat i rozmieszczenie organizmów	432
Początek podziału Pangei	432
Lokalizacja stref tropikalnych i niotropikalnych	434
Zdarzenia tektoniczne w Ameryce Północnej	434
Powstawanie basenów gór zrębowych na wschodzie	434
Powiększanie się Ameryki Północnej na zachodzie	436
Podsumowanie rozdziału	440
Pytania przeglądowe i polecenia	441

ROZDZIAŁ 17

Świat w okresie kredowym	443
Życie w kredzie	446
Zmiany form życia pelagicznego	446
Zmiany form życia eupelagicznego	448
Ekspansja roślin kwiatowych na lądach	450
Ograniczenie rozwoju wczesnych ssaków przez dinozaury	452
Paleogeografia świata kredowego	456
Podział kontynentów i ekspansja oceanów	456
Wzrost poziomu morza, stagnacja wód głębokomorskich i ocieplenie klimatu	456
Wymieranie pod koniec okresu kredowego	460
Radykalne wymieranie życia w kredzie jako ostrzeżenie	461
Odzwierciedlenie chronologii wymierania w skamieniałościach	461
Rozwój gatunków oportunistycznych po masowym wymieraniu	461
Zmiana systemu Ziemi 17-2 <i>Śmierć z Kosmosu</i>	462
.Ameryka Północna w okresie kredowym	466
Kontynuacja wypiętrzania Kordyliarów	466
Powstanie akwenu morskiego łączącego Zatokę Meksykańską z Oceanem Arktycznym	467
Wydrążenie przez starą rzekę głębokiej doliny, która stała się później Wielkim Kanionem	468
Powstawanie współczesnego szelfu kontynentalnego na wschodzie Ameryki Północnej	469
Morza kredowe w Europie	470

Podsumowanie rozdziału	470
Pytania przeglądowe i polecenia	471

ROZDZIAŁ 18

Świat w paleogenie **473**

Życie w paleogenie	476
Odrodzenie życia oceanicznego	477
Dominacja roślin kwiatowych	478
Intensywna radiacja ssaków w paleocenie i eocenie	479
Wielkie ptaki wczesnego paleogenu	482
Rozwój współczesnych grup zwierząt kopytnych, drapieżnych i naczelnych w oligocenie	483
Ewolucyjne uwspółcześnienie żab i owadów w paleogenie	484
Klimat paleogenu	484
Fala ocieplenia na początku eocenu	484
Zasięg ciepła w wysokich szerokościach geograficznych	486
Początek ochłodzenia i zlodowacenia w wysokich szerokościach geograficznych w środkowym eocenie	488
Zmiany klimatyczne, ekspansja lodowców i masowe wymieranie na przełomie eocenu i oligocenu	489
Zdarzenia regionalne w paleogenie	489
Zmiany położenia lądów i mórz w pobliżu biegunów	489
Kontynuacja aktywności górotwórczej w zachodniej części Ameryki Północnej	489
Zmiana systemu Ziemi 18-1 <i>Początek globalnego ochłodzenia i wysychania wód</i>	490
Nowy ryft na amerykańskim południowym zachodzie	496
Aktywność wulkaniczna w rejonie parku Yellowstone jako rezultat płytkiej subdukcji	497
Kontynuacja sedymentacji wzdłuż brzegów Zatoki Meksykańskiej	497
Zatoka Chesapeake jako efekt upadku meteorytu	498
Podsumowanie rozdziału	499
Pytania przeglądowe i polecenia	500

ROZDZIAŁ 19

Świat późnego kenozoiku przed holocenem **501**

Życie w neogenie	504
Radiacja wielorybów i odrodzenie otwornic w oceanach	504
Rozwój i adaptacja gatunków lądowych do sezonowo suchych środowisk	505
Współczesna epoka lodowcowa na półkuli północnej	509
Względne ocieplenie klimatu we wczesnym pliocenie	509
Formowanie się lodowców kontynentalnych na półkuli północnej	509
Proporcje izotopów jako wskaźnik chronologii zlodowaceń	512
Zmiany flory wynikające ze zmian klimatycznych	513
Wielokrotne ekspansje i regresje lodowców	513
Zmiany rodzajów wegetacji w okresach maksimum glacialnych	514
Zmiany cyrkulacji wód oceanicznych jako możliwa przyczyna epoki	

lodowcowej	515
Zmiana systemu Ziemi 19-1 <i>Radykalnie szybkie zmiany klimatyczne w epoce lodowcowej</i>	516
Wpływ zmian ruchu wirowego Ziemi na cykle zlodowaceń	519
Wpływ oscylacji klimatycznych na zmiany efektu cieplarnianego	519
Zdarzenia regionalne w okresie neogenu	520
Procesy górotwórcze w całej zachodniej części Ameryki Północnej	520
Wypiętrzenia Appalachów oraz pochodzące z nich osady na wschodzie	527
Narodziny Morza Karaibskiego	528
Wymiana ssaków między Ameryką Północną i Południową	528
Powstanie Himalajów - najwyższego łańcucha górskiego na Ziemi	530
Koniec oceanu Tetyda	532
Ewolucja człowieka	534
Radiacja wczesnych małp człekokształtnych w Afryce i w Azji	534
Najstarsze ślady hominidów sprzed 6 milionów lat	534
Podobieństwo australopiteków do małp człekokształtnych i ludzi	535
Nagłe pojawienie się rodzaju ludzkiego	536
Podobieństwo gatunku Homo erectus do człowieka współczesnego	538
Osobliwe ludzkie karły z Flores	539
Większe podobieństwo gatunku Homo heidelbergensis niż Homo erectus do ludzi współczesnych	539
Zmiana systemu Ziemi 19-2 <i>Powstanie rodzaju ludzkiego w okresie nagłych zmian klimatycznych</i>	540
Pojawienie się neandertalczyków w Eurazji	542
Ewolucja Homo sapiens w Afryce i jego migracja na północ	543
Podsumowanie rozdziału	544
Pytania przeglądowe i polecenia	545

ROZDZIAŁ 20

Regresja lodowców i holocen	547
Regresja lodowców	550
Gwałtowne zdarzenia globalne pod koniec plejstocenu i we wczesnym holocenie	552
Młodszy dryas	553
Pierwsi Amerykanie	554
Zmiana systemu Ziemi 20-1 <i>Dowody kolizji Ziemi z kometą jako przyczyny ochłodzenia młodszego dryasu oraz wymierania wielkich ssaków i zniknięcia kultury Clovis</i>	556
Nagłe wyginięcie wielkich ssaków	559
Wahania klimatyczne w okresie minionych 10 000 lat	560
Krótki okres globalnego ocieplenia zwany interwałem hypsitermalnym	560
Zapoczątkowanie rolnictwa przez ludzi	561
Lodowce oraz zasięgi drzew i ich przekroje jako odzwierciedlenia zmian klimatycznych	562
Wahania temperatury po interwale hypsitermalnym	563
Dotkliwe susze w holocenie	563
Zmiany poziomu morza	565

Szybki wzrost poziomu morza pod koniec plejstocenu i w początkach holocenu	565
Zmiany linii brzegowych w okresie minionych 7000 lat	565
Wiek XX i XXI: wpływ działalności człowieka	567
Gazy wprowadzane przez człowieka do atmosfery jako przyczyna ocieplenia klimatu i efektu cieplarnianego	567
Poważne przyszłe konsekwencje zmian klimatycznych	569
Wzrost stężenia dwutlenku węgla w oceanach jako czynnik hamujący wapnienie organizmów morskich	570
Podnoszenie się poziomu morza	571
Możliwość przyspieszenia zmian klimatycznych przez dodatnie sprzężenia zwrotne	573
Podsumowanie rozdziału	574
Pytania przeglądowe i polecenia	575
Dodatek	577
Słownik	581
Indeks	601

oprac. BPK